

博士論文審査報告書

論文題目

感性情報を利用した視覚情報処理に関する研究

Research on Visual Information Processing Using “Kansei” Information

申請者

氏名

小林

裕一

Yuichi

Kobayashi

専攻およびプロジェクト研究名
(課程内のみ)

国際情報通信学専攻
画像処理研究Ⅱ

2007 年 4 月

コンピュータの技術的发展にともない、人間のもつ様々な能力（例えば、思考する、見る、聞く）をコンピュータ上に実現しようとする研究が数多く見られるようになり、人間の能力に関する論理情報が研究されるようになった。しかし、人間が考えたり、見たり、聞いたりする場合、論理情報だけでなく、ノンバーバル情報も重要な役割を果たしている。即ち、楽しい、悲しいなどの感情、雰囲気や心に訴えるもの等、記号に代表される論理情報だけでは扱えないノンバーバル情報が、人間の生活において欠かせないものと言える。このようなノンバーバル情報は、「感性工学」（1990年代に日本国において名付けられ、立ち上げられた国際的研究領域）が扱う「感性情報」に対応する。感性工学における主要な研究目的は、コンピュータを用いて感性情報を扱うことにより、人間とコンピュータの良好なインタフェースを実現することにある。人工感性（コンピュータ上の人工的な感性）の扱うべき感性情報の範疇は極めて広く、感覚などの低次のものから、芸術などの高次のものにまで及ぶ。本論文では、人間とコンピュータとの間で感性情報の授受を行うための仕組みを「感性的ヒューマンインタフェース」と呼び、感性的ヒューマンインタフェースの実現に資する、視覚情報処理に関する要素技術の研究に取り組んだ成果を報告している。

本研究は申請者が凸版印刷株式会社から本研究科博士課程に入学して以来、現在までの約6年間（この間、ATRメディア情報科学研究所へ凸版印刷から3年間出向）で遂行したものである。本論文の検討課題としては、まず静止画像を対象として、画質改善技術、画像検索技術および画像識別技術に焦点を当てる。次に、静止画像に他のメディア情報が加わった場合、および視覚的对象が時間変化する場合の応用的技術に焦点を当てる。具体的には、以下に示す5つの課題に対して、感性情報を利用した手法を提案し、その有効性を示す。ここで、5つの課題はそれぞれ、関連研究で従来検討がなされていないものである。

- 1 与えられた画像によらず、表示系のダイナミックレンジを有効に活用でき、適応的・自動的に強調範囲を決定でき、処理結果に不自然さがなく、粒状雑音の低減が可能な画像のコントラスト強調手法を実現すること。
- 2 従来の画像検索法では扱われることのなかったテクスチャ画像に対して感性検索手法を実現すること。
- 3 視覚とそれ以外の感覚に跨ったクロス・モーダルな感性を対象に、素材画像の材質感の識別手法を実現すること。
- 4 挿絵が俳句に加わった表現が感性的理解（「相手の気持ちを汲む」などの「共感性」）に及ぼす効果を示すこと。
- 5 日常的な身体動作を対象として、感性的な動作の特徴を抽出したり、差違を識別するための新たな手法を示すこと。

以下、本論文の各章ごとに概要を述べ、評価を加える。なお、前述の1から5の課題はそれぞれ第2章から第6章に対応する。

第1章「序論」では、本研究の背景と位置づけ、関連研究、本研究の目的、本論文の概要と構成について述べている。

第2章「ヒトの初期視覚機構を参考にしたコントラスト強調手法」では、人間の初期視覚の情報処理機構を参考にして、濃淡画像のコントラストを改善する新たな画像処理手法について提案している。具体的には、網膜神経節細胞の受容野機構を参考にして、画像の濃度範囲全体において適応的かつ自動的に強調可能な、画像中の各画素とその近傍領域間の濃度差に基づく濃度変換の式を導出した。計算機シミュレーションにより、前述の濃度変換式に含まれる一つのパラメータに異なる値を与えることにより、画像に含まれる粒状雑音を抑制する効果、および濃度コントラストを強調する効果が得られることを明らかにした。この性質を利用して、前述のパラメータに2つの異なる値を設定した2段階の濃度変換を画像中の各画素に施す手法を提案し、関連する従来法との客観的および主観的な比較評価を行い、ノイズ抑制、コントラスト強調の双方について優れていることを示したことは高く評価できる。

第3章「感性を考慮したテクスチャ画像の検索手法」では、人間の初期視覚における色選択性と方位選択性に基づくテクスチャ特徴を設計するとともに、画像検索において従来例が無かったテクスチャ画像を対象として、人間の感性と合致する検索法を提案している。テクスチャ特徴としては、知覚色のコントラストおよび局所方向性のコントラストを提案した。感性については、イメージ語を用いて視覚的印象（イメージ語の重みベクトル）を計測し、正準相関分析を用いて前述のテクスチャ特徴と対応付ける。本検索手法による検索結果に対する被験者の満足度を求める主観評価実験の結果、満足度が有意に高いことが確認され、提案手法の有効性が示せたのは評価できる。

第4章「素材テクスチャ画像から喚起される触感の識別手法」では、イメージ語を介さずに自動的に材質の印象を推定する方法、および画像特徴量に基づくノンバーバルな感覚の表現法の実現を目指す。具体的には、視覚から喚起される触感に対する印象として、素材の特性の一つである「やわらかさ」と「かたさ」感に焦点を当てる。初期視覚の単純型細胞を参考にして、材質面の凹凸による陰影に起因する濃淡分布を Gabor Wavelet で定量化する特徴を提案した。さまざまな観視条件（光源位置と撮像方向の組み合わせ）で撮像した材質面の多数の画像群から前述の特徴を計算することにより、イメージ語を媒介せずに画像特徴だけから、「やわらかい」か「かたい」かを判別するノンバーバルな手法を提案している。「やわらかさ」、「かたさ」を判別する実験を通して、提案手法の有効性を示したのは評価できる。

第5章「俳句とCG挿絵による感性表現手法」では、挿絵が俳句に加わった表現が感性的理解に及ぼす効果について論じている。具体的には、心情を挿絵（コンピュータ上で描いたカラー画像）と俳句（本論文では英語俳句）で表現した作品を対象として感性的理解に及ぼす効果について検討した。挿絵画像の色彩分布の分析から、イメージスケール（多数の日本人被験者に対する実験から求められた、色彩と印象との対応関係）を利用して、挿絵に対する印象を推定し、実験で得られた主観的印象と比較する。挿絵と俳句の呈示の仕方による相乗効果の違いを印象の比較実験を通して調べ、感性的理解に有効な表現方法について論じた点は評価できる。

第6章「身体動作からの感情識別手法」では、人間の日常動作に含まれる感情を推定する方法について検討している。具体的には、身体動作の映像から感情を推定する実験を行うとともに、身体動作を motion capture により物理的に計測し、得られる高次の時系列データをテンソル空間とみなして特異値分解を行う新たな分析手法を提案している。複数の演劇経験者に、複数の基本感情に基づく歩行動作を演じさせ、これを撮像したビデオを被験者に呈示して、感情がどの程度伝わるかを明らかにした。さらに、前述の特異値分解に基づく分析法を利用して、感情を推定するのに有効な物理的特徴を考察した点は評価できる。

第7章「結論」では、本論文で得られた成果と今後の課題が述べられている。

以上、要するに本論文は、人間とコンピュータとの間で感性の授受が可能な感性的ヒューマンインタフェースの実現に資する要素技術として、視覚情報処理に関する、従来検討されていなかった課題を検討したものである。具体的には、濃淡画像のコントラスト強調と粒状雑音抑制、テクスチャ画像の感性検索、材質画像解析によるかたさ・やわらかさ判別、挿絵と俳句の組み合わせによる感性的理解、身体動作からの感情推定、を検討した。感性工学、画像処理といった国際的な研究分野における新たな学術的指針を幅広く示したもので、国際的な業績として高く評価でき、国際情報通信学の発展に寄与するところ極めて大きい。よって、本論文は博士（国際情報通信学）の学位を授与するに値するものと認める。

2007 年 4 月 18 日

審査員：主任	早稲田大学教授	工学博士（東京大学）	大谷 淳
	早稲田大学准教授	博士（人間科学）（早稲田大学）	河合隆史
	早稲田大学教授	工学博士（東北大学）	寺島信義
	中央大学教授	工学博士（京都大学）	加藤俊一